

人工智能赋能的零碳乡村建筑设计策略研究

文 / 侯雅静 深圳市欧博工程设计顾问有限公司

摘要：乡村地区作为我国建筑存量的重要组成部分，其建筑能耗与碳排放不容忽视。传统乡村建筑普遍存在能源利用效率低、生态环境适应性差等问题，难以满足可持续发展需求。本文聚焦于人工智能技术，探索人工智能技术在零碳乡村建筑设计领域中的应用路径，综合研讨技术优势，全面阐述零碳乡村建筑设计方法，把人工智能技术和传统设计方法相结合，提出多项设计举措。以人工智能赋能，作为零碳乡村建筑设计体系转型方向。结合项目实例，评估实施效果，论证人工智能赋能零碳乡村建筑设计可行性，为人工智能技术创造良好应用条件，也为后续零碳乡村建筑项目提供设计参考。

关键词：人工智能；零碳乡村；建筑设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.112

引言

现阶段，我国大力建设零碳建筑，通过降低建筑碳排放规模来推进“双碳”目标，积极应对气候变暖问题，取得显著成效。早期以城市建筑作为零碳建筑重点推广方向，乡村建筑零碳转型步伐滞后，建筑能耗与碳排放量居高不下，未能满足绿色可持续发展需求，节能潜力有待挖掘。人工智能赋能，被业界一致视为零碳乡村建筑的建设策略，人工智能技术与乡村建筑设计体系相互融合，既能改善建筑使用体验，又能打造真正意义上的零碳排放建筑，具备重要的现实意义。

一、人工智能技术在零碳乡村建筑设计领域应用优势

（一）数据整合分析

乡村建筑设计阶段，涉及多源异构数据，包含地域气候数据、功能需求数据、经济成本数据、地形地貌数据等，唯有高效处理海量数据，方能准确了解乡村建筑使用要求和设计要求，客观评估各项节能设计措施的实际效用。在传统设计模式，采取人工方式来收集、处理多源数据，处理效率低下，数据价值未得到充分利用。对人工智能技术的应用，大幅强化数据整合分析能力，高效整合多源异构数据，挖掘数据内在关联，指明零碳乡村建筑设计方案，准确估算乡村建筑在不同使用状态下的能耗水平及碳排放量，以估算结果，作为设计方案可行性论证手段^[1]。例如，由AI算法关联分析地域气候数据和地形地貌数据，充分利用自然资源，以改善乡村建筑自然采光通风条件为设计目标，确定乡村建筑最佳朝向，科学制定平面布局方案。

（二）智能生成设计方案

从设计层面来看，零碳乡村建筑设计难度远超传统乡村建筑，满足建筑功能需求、保证建筑使用体验与安全的前提下，还要结合实际情况，采取多项节能措施，设计内容复杂。人工智能技术应用，以智能设计、智能优化，作为应用方向，既能减轻设计负担，又能提高设计质量，起到“查缺补漏”作用。其中，智能设计是在AI模型内设定多项设计要求，以及建立场地模型，

自动生成初步设计方案，包括外立面造型方案、室内平面布局方案，设计人员对初步方案进行优化调整，简化设计流程。智能优化是在方案制定完毕后，从能耗水平、碳排放量、空间利用率等维度出发，模拟乡村建筑在不同场景下的使用情况，从中找出问题，提供修改建议^[2]。

（三）模拟预测

节能减排效果受到多重因素影响，仅依靠设计人员自身想象，无法准确预估乡村建筑在不同场景下的使用情况，由此形成设计偏差。人工智能技术具备强大的逻辑分析与推理能力，可以提前预测乡村建筑使用过程，客观评价建筑节能效果，提前找出设计问题。基于BIM技术，构建乡村建筑BIM模型，动态模拟能耗、热环境、采光、通风等项目，预测建筑能耗水平，按照模拟结果来筛选设计方案、解决设计问题。

（四）全生命周期管理

在人工智能技术支持下，乡村建筑具备全生命周期管理条件，全程管理建筑用能设施，自动执行各项节能策略，如智能照明、智能空调，按照实际需求来动态调节建筑用能设施的运行模式。同时，定期分析乡村建筑上一阶段能耗结构，分析能耗超标原因，向住户提供节能建议。

二、零碳乡村建筑的关键设计要点

（一）被动式节能设计

被动节能是采取非机械电气设备干预手段，降低建筑总体能耗水平，具体从气候适应、自然采光、自然通风三方面入手。其中，气候适应是全面掌握零碳乡村建筑地域气候数据，按照气候条件来调整建筑朝向、建筑体型系数、设置保温层和设置遮阳防晒设施，如在寒冷地区采取设置南向窗户、使用高效保温材料和增加外墙厚度的设计措施，夏热冬暖地区则采取遮阳隔热、设置宽大挑檐、热压通风的设计措施。自然采光是改善室内空间采光条件，相邻乡村建筑保持足够间距，建筑外墙与屋顶开设采光窗，合理设置开窗面积，乡村建筑在多数时段采取自然采光方式，少数时段采取人工照明方式，以此来减少人工照明能耗。自然通风是在建筑内部设置

天井和拔风井，建筑布置在夏季主导风向入射角 45° 以内朝向上，采取热压通风+穿堂风方式，形成良好通风路径^[3]。

（二）主动式节能设计

主动节能是采取先进技术、新型机电设备来取得节能效果，以提高能源利用率、丰富用能结构为设计思路，具体从智慧能源管理、可再生能源开发利用两方面入手。其中，智慧能源管理是在乡村建筑内部加装大量计量设备，跟踪监控能源消耗情况，以按需运行为控制准则，根据实际需求，精准调节电气系统运行状态，避免产生能源浪费，如在乡村建筑具备良好自然采光条件的情况下，下调照明灯具发光强度，或是关闭照明系统^[4]。可再生能源开发利用是保留常规电力能源基础上，重点开发清洁环保的可再生能源，优化能源结构，可再生能源包括太阳能、风能和地热能。太阳能为例，乡村建筑屋顶部署小型光伏发电系统，或是部署太阳能集热器，前者把太阳光能量转换为电能，提供给建筑供电系统，后者是收集太阳光热量，持续供应生活热水（如图1）。



图1 屋顶光伏发电系统

（三）乡村建筑的特殊性分析

从零碳建筑打造视角来看，乡村建筑和城市建筑的体型规模、功能定位、外部环境都有着显著区别，要全方位分析乡村建筑特殊性，重新规划设计思路。特殊性分析环节，设计人员具体从材料资源、功能需求、造价成本三方面入手，展开分析。其中，在材料资源方面，乡村建筑材料资源获取难度远低于城市建筑，当地存在大量可作为建筑材料的天然材料，包括夯土、石材、木材等，以就地取材为设计准则，大量使用天然材料，既能保证乡村建筑充分展现天然材料的肌理质感，提高美观度，同时，又能降低运输成本与碳排放量。功能需求方面，相比城市建筑，乡村建筑具备复合功能需求，同时具备生活功能与生产功能，部分乡村建筑还具备社交、文化活动在内的公共功能，如设置庭院空间作为休闲活动场所和农产品加工/储存空间。造价成本方面，乡村建筑多为自建房，由于城乡发展水平存在差距，农村居

民对建筑成本因素较为敏感，严格控制建筑造价成本的前提下，再考虑节能减排问题，避免因造价成本过于高昂，致使零碳乡村建筑不被农村居民所接受。

三、人工智能技术在零碳乡村建筑设计中的应用

（一）建筑布局

建筑布局设计环节，以空间设计、材料选型，作为人工智能技术的应用方向，设计方法如下。第一，空间设计。按照乡村建筑功能需求和场地环境条件，初步制定平面布局方案，确定乡村建筑空间形态与功能布局。充分发挥AI模型的模拟分析能力，逐一开展多项仿真试验，包括通风试验、日照试验等，从节能减排角度验证空间设计方案是否满足零碳建筑要求。以通风试验为例，采取CFD流体动力学模拟软件，根据地域气候数据，确认乡村建筑所处区域在不同季节的主导风向，模拟乡村建筑室内外空间气流流向，按照试验结果，调整建筑朝向、开窗面积、开窗位置和空间组合方式，形成良好通风路径。第二，材料选型。提前建立材料数据库，收集性能数据、成本数据、资源数据和碳排放数据，明确零碳乡村建筑的设计要求和材料需求，利用机器学习算法，从数据库内挑选最为适应的材料品种，具体以成本费用、碳排放量和使用性能，作为算法约束条件。同时，考虑到乡村建筑的维护保养力度远低于城市建筑，对材料耐久性性能提出严格要求，设计人员还应从全寿命管理视角出发，利用人工智能模型，精准预测不同种类材料在乡村建筑使用过程中的老化情况，优先选择经久耐用的建筑材料。

（二）节能设计

零碳乡村建筑节能设计阶段，重点发挥人工智能技术强大的数据处理和逻辑分析能力，以大数据分析、碳排放模拟评估为技术应用方向，设计方法如下。第一，大数据分析。全面收集与零碳乡村建筑有关的数据，重点收集能耗数据，包括不同区域、不同类型、不同使用场景的能耗数据，利用机器学习算法，总结分析用能设施类型、室内外空间环境、住户生活习惯、建筑结构型式、围护结构保温性能等多项因素和建筑能耗水平及碳排放量间的影响关系、变化规律。乡村建筑设计方案制定完毕后，利用所掌握能耗数据和能耗变化规律，准确预测乡村建筑在正常使用场景下的能耗水平，分析能耗异常原因，采取节能措施，使得零碳乡村建筑设计活动更具针对性。第二，碳排放模拟评估。碳排放模拟方法和能耗模拟方法较为相似，组合采取碳排放计算软件与AI算法，模拟乡村建筑在全生命周期内的使用情况，准确计算所有环节步骤的碳排放量。对比各套设计方案的碳排放总量，满足乡村建筑使用需求的前提下，从中挑选碳排放总量相对最少的设计方案。同时，智能算法负责评估各环节碳排放量是否处于理想水平，找出异常环节，分析碳排放量超标原因，向设计人员提供优化建议。

（三）智能建造与运维

零碳乡村建筑现场施工与投运使用阶段，人工智能

技术负责支撑智能建造模式和智能运维模式，确保设计方案得到贯彻实施，全程监控建筑碳排放过程，及时察觉因设计方案不合理、施工方式有误和建筑使用不当，而引起的碳排放超标问题。其中，智能建造模式以建筑材料碳足迹评估为核心功能，全面整合建筑材料在生产、运输、施工与使用过程中的碳排放数据，生成材料碳足迹，自行制定材料运输计划和施工计划。智能运维模式也可理解为全生命周期管理，部署大量传感器，利用物联网技术，把传感器连同建筑电气设备接入智能运维平台，24h全天候监测能耗过程、设备运行状态，以能耗最低、碳排放量最少为目标，自行制定运行计划，实时调整电气设备运行模式。

四、基于人工智能技术的零碳乡村建筑设计案例

(一) 项目概况

本文挑选两个具备代表性的零碳乡村建筑项目，建筑类型包含民居住宅建筑和公共建筑，分别位于北方地区和岭南地区，气候条件、功能需求和设计目标有着显著区别。其中，北方地区项目选址于华北平原，冬季寒冷干燥、夏季炎热多雨，年平均气温约12℃，冬季主导风向为西北风，夏季主导风向为东南风，项目规划为乡村民居住宅建筑，涵盖居住空间、生产辅助空间和庭院活动空间，将组合采用被动节能与主动节能策略，并运用人工智能技术优化设计方案。岭南地区有着夏季漫长炎热、高温高湿的气候特点，年平均气温为20-22℃，以遮阳防晒、通风防潮为设计方向，拟定修建

乡村公共文化活动中心，集文化展示、教育培训、村民集会等多项功能于一体，合理制定空间布局方案，营造舒适室内环境。

(二) 案例选取

为积累零碳乡村建筑设计经验，客观分析气候条件对节能减排效果造成的现实影响，合理选择设计策略。本文选取寒冷地区与夏热冬暖地区的零碳乡村建筑案例，以强化建筑围护结构保温隔热性能与冬季太阳能利用为设计策略。岭南项目即为夏热冬暖地区案例，以部署遮阳设施、改善室内通风条件为设计策略。采取人工智能算法，多维度比对建筑布局、节能系统应用、材料选型方案等方面的差异情况，总结不同气候区域下的零碳乡村建筑设计经验。

(三) 实施效果评估

1. 碳排放量对比分析

对北方建筑案例和岭南建筑案例实施前后的碳排放量进行对比分析，通过建立碳排放量计算模型，收集建筑全生命周期各阶段的相关数据，计算不同阶段的碳排放量。结果显示，采用人工智能优化后的零碳乡村建筑设计方案，在建筑材料生产和运输阶段，通过选择本地低碳材料和优化运输路线，碳排放量降低约15%-20%；在建筑运营阶段，通过智能能源管理系统和可再生能源利用，碳排放量降低约40%-50%，如表1所示。与传统乡村建筑相比，两座案例建筑的全生命周期碳排放量显著降低，基本实现零碳目标。

表1 碳排放量对比分析

案例地区	传统建筑全生命周期碳排放量 (tCO ₂)	零碳建筑全生命周期碳排放量 (tCO ₂)	减排比例
北方	约 320	约 160	50%
岭南地区	约 280	约 126	55%

2. 节能效率与经济性评价

在节能效率方面，北方建筑案例通过被动式设计策略和主动式节能系统的应用，冬季采暖能耗降低约35%，夏季制冷能耗降低约30%；岭南建筑案例通过良好的遮阳、通风设计和可再生能源利用，空调能耗降低约40%。在经济性方面，虽然零碳乡村建筑的初期建造成本

相对传统建筑略有增加，但通过长期的节能收益和政府的相关补贴政策，投资回收期可控制在8-10年左右，如表2所示。同时，零碳乡村建筑的良好性能和环境品质，提升了建筑的市场价值和吸引力，具有良好的经济效益和社会效益。

表2 节能效率与经济性评价

案例地区	节能效率提升指标	初期成本增加比例	投资回收期 (年)
北方地区	冬季采暖能耗↓35%，夏季制冷能耗↓30%	约18%	8-10
岭南地区	空调能耗↓40%	约20%	8-10

结语

基于理论分析和实践案例研究结果来看，人工智能技术在零碳乡村建筑设计领域展现出广阔应用前景，为乡村建筑设计活动提供了全新方向。建筑企业与设计人员都应加强对人工智能技术的应用力度，及早在零碳乡村建筑设计体系内引入人工智能技术，全方位重塑设计理念、设计方法，乡村振兴和生态文明建设贡献力量。

参考文献

[1] 陈姝霏. 国外发展零碳建筑的做法、启示及建

议[J]. 河北企业, 2024, (12): 55-57.

[2] 仲文洲, 戴天晨, 肖葳, 等. 南方地区低碳乡村建筑设计路径和方法研究——以长兴县“美丽宜居”农房设计方案为例[J]. 建筑技艺, 2019, (01): 66-71.

[3] 沈玥, 王龙, 俞超, 等. 零碳建筑概念及关键技术梳理[J]. 绿色建筑, 2023, 15(02): 21-24.

[4] 高庆龙, 钱方, 戎向阳. 建筑师实施的零碳建筑设计策略——四川若尔盖暖巢设计总结[J]. 世界建筑, 2021, (06): 14-17+126.